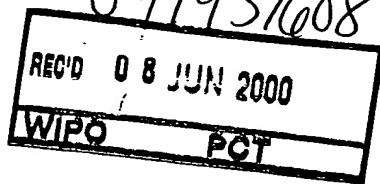


09/937608
PO DE 00/00915

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

DE 00 / 915



Bescheinigung

Die ROBERT BOSCH GMBH in Stuttgart/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren zur Synchronisation"

am 30. März 1999 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole H 04 L und H 04 J der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 26. April 2000

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Dzierzon

Aktenzeichen: 199 14 600.4

30.03.99-Sk/Mv

5

10

Verfahren zur Synchronisation

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Synchronisation eines oder mehrerer Empfänger auf einen Sender innerhalb eines Übertragungssystems unter Verwendung eines Datenstromes mit Schutzintervallen insbesondere für den Ausgleich von Mehrwegeausbreitung sowie von einem Sender zur Aufbereitung einer Synchronisationsfolge und einem Empfänger zur Auswertung dieser Synchronisationsfolge und einem Kommunikationssystem.

Es wird beispielsweise davon ausgegangen, daß ein Sender einen oder mehrere Empfänger bedient. Der Sender sendet zu einem Zeitpunkt ein oder mehrere Pakete an die Empfänger.

In einem Übertragungssystem, welches insbesondere OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) verwendet, stellt sich das Problem der Synchronisation. Bei der OFDM-Übertragung werden die Sendesymbole auf mehrere Unterträger im Frequenzbereich durch eine im allgemeinen digitale Modulationsart aufmoduliert [1]. Die Unterträger werden dann in Summe mit einer IFFT (Inverse Fast Fourier Transformation) in den Zeitbereich transformiert und anschließend ausgesendet.

30

35

Im Empfänger ist es notwendig einige Informationen über das gesendete Signal zu rekonstruieren, insbesondere den Blockbeginn und die Frequenzablage.

5 Zur Ermittlung des Blockbeginns muß die zeitliche Lage des zu empfangenden Signals bekannt sein. Für diesen Zweck wird meist ein zweistufiges Verfahren verwendet, demgemäß zuerst eine grobe und anschließend eine feine Detektion des Blockbeginns nacheinander durchgeführt werden.

10 Im Normalfall hat der Empfänger eine Frequenzablage gegenüber dem Sender. Im Falle von OFDM ist diese Ablage besonders kritisch, weil es dadurch zu einer Störung der Orthogonalität kommen kann, die zu erhöhten Bitfehlern 15 führt. Die Frequenzsynchronisation dient dazu, diese Frequenzdifferenz zu korrigieren.

20 Um in einem Kommunikationssystem mit Übertragung relativ kurzer Datenpakete eine Synchronisation zu erreichen, werden einem Übertragungsburst gemäß [2], [3] und [4] zwei identische Synchronisationssymbole, insbesondere OFDM-Symbole vorangestellt, die zweimal mit einem vorgegebenen Abstand ausgesendet werden. Die Position dieser Signale kann durch Auswertung der Metrik bestimmt werden.

30 Zur Vermeidung von Intersymbol-Interferenzen (ISI) wird im Zusammenhang mit der OFDM-Übertragungstechnik häufig ein Schutzintervall im Sender eingefügt, dessen Länge an die Dauer der Kanalimpulsantwort angepaßt ist. Damit im Empfänger auch tatsächlich keine Störung durch zeitlich benachbarte Symbole auftreten, muß der Einschwingzeitpunkt, das heißt der Beginn des ISI-freien Signalabschnittes, vor der Datenauswertung im Empfänger ermittelt werden. Die Ermittlung dieses Zeitpunktes wird als Block- oder 35 Symbolsynchronisation bezeichnet. Wenn die Impulsantwort des

vorliegenden Kanals kürzer ist als das Schutzintervall, muß die Blocksynchronisation nicht genau den Beginn des eingeschwungenen Zustands ermitteln, sondern es ergibt sich ein zulässiges Synchronisationsintervall.

5

Vorteile der Erfindung

10

Mit den Maßnahmen gemäß Anspruch 1 lässt sich die Genauigkeit der Synchronisation gegenüber bekannten Verfahren wesentlich verbessern. Während die bekannten Verfahren eigentlich nur zu einer groben Blocksynchronisation verwendbar sind, liefert das Verfahren nach der Erfindung recht genaue Ergebnisse sowohl hinsichtlich einer feinen Block- als auch einer Frequenzschätzung. Die erfindungsgemäße Lösung eignet sich vorteilhaft für OFDM als Übertragungsverfahren. Wenn eine kohärente Demodulation vorgesehen ist, kann die Synchronisationsfolge zur Blocksynchronisation und Schätzung der Frequenzablage auch zur Schätzung der Kanalimpulsantwort verwendet werden.

15

Der Implementierungsaufwand für das Verfahren nach der Erfindung ist kaum höher als bei bekannten Verfahren, liefert aber eine erhöhte Genauigkeit der Schätzung insbesondere der Frequenzablage.

20

Das Verfahren nach der Erfindung bzw. ein entsprechender Sender und Empfänger eignet sich vorteilhaft zum Einsatz in Funksystemen, und zwar in normalen bidirektionalen Kommunikationssystemen mit variabler Rollenverteilung von Sender und Empfänger als auch in Rundstrahlsystemen, in denen die Rollen von Sender und Empfänger statisch über der Zeit sind.

25

Als Übertragungsmedium kann außer Funk auch eine leitungsgebundene Übertragung vorgesehen sein,

beispielsweise über Koaxialkabel oder über geschirmte oder ungeschirmte Adernpaare eines Leitungsnetzes. Auch in Hybridkommunikationssystemen, daß heißt mit Funkkomponenten, leitungsgebundenen Komponenten und/oder Lichtquellenleiter-Komponenten, ist die Erfindung vorteilhaft einsetzbar.

Als Modulationsart eignet sich insbesondere OFDM. Aber auch in Systemen ohne OFDM, wo Übertragungsverfahren verwendet werden, in denen ein Schutzintervall für den Ausgleich von Mehrwegeausbreitung vorgesehen ist, kann die Erfindung vorteilhaft zum Einsatz kommen.

Zeichnungen

Anhand der Zeichnungen werden Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 ein Funknetz mit einem Sender und mehreren Empfängern,

Figur 2 den Aufbau einer Synchronisationsfolge nach dem Stand der Technik,

Figur 3 den Aufbau einer Synchronisationsfolge nach der Erfindung,

Figur 4 den Aufbau einer Synchronisationsfolge mit Präambel,

Figur 5 ein Blockschaltbild eines Senders nach der Erfindung,

Figur 6 ein Blockschaltbild eines Empfängers nach der Erfindung.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

Bevor auf die eigentliche erfindungsgemäße Realisierung eingegangen wird, wird zum besseren Verständnis die Synchronisation nach dem Stand der Technik erläutert.

Es wird für die folgenden Betrachtungen davon ausgegangen, daß gemäß Figur 1 ein Sender S eines Teilnehmers mehrere Empfänger E₁, E₂, E₃ anderer Teilnehmer bedient.

5 Der Sender S eines Teilnehmers sendet im Moment ein oder mehrere Datenpakete an die Empfänger E₁, E₂, E₃, deren Dauer konstant oder variabel sein kann. Die Situation kann sich allgemein auch derart ändern, daß dynamisch einer der Teilnehmer vom Empfangsbetrieb später auf Sendebetrieb umschaltet und ein sendender Teilnehmer und/oder die anderen empfangenden Teilnehmer dann im Empfangsbetrieb arbeiten.

10 15 Es wird weiter davon ausgegangen, daß als Übertragungsverfahren OFDM verwendet wird, vergleiche [1], [3], [4]. Dazu werden die Sendesymbole auf mehrere Unterträger im Frequenzbereich durch eine im allgemeinen digitale Modulationsart aufmoduliert. Die Unterträger werden dann in Summe mit einer IFFT (Inverse Fast Fourier Transformation) in den Zeitbereich transformiert und anschließend ausgesendet.

20 Da in einem Kommunikationssystem nur kurze Datenpakete übertragen werden, ist eine schnelle Synchronisation dringend erforderlich. Dies ist nur mit Hilfe eines speziellen Synchronisationssymbols zu erreichen, das dem Datenpaket im Sender vorangestellt wird.

30 Ein bekanntes Verfahren zur Blocksynchroisation, vergleiche [2] und [3], ist die Auswertung eines Signals A = {r_i} der Länge N, das zweimal mit dem Abstand P versendet wird, siehe Figur 2. Die Position dieses Signals kann durch Auswertung der Metrik:

$$\begin{aligned}\lambda(i, N, P) &= \min_{\varphi} \left\{ \sum_{j=0}^{N-1} |r(i+j) - r(i+j+P)e^{j\varphi}|^2 \right\} \\ &= \min_{\varphi} \left\{ \sum_{j=0}^{N-1} |r(i+j)|^2 + |r(i+j+P)|^2 - 2 \operatorname{Re} \{r(i+j)r^*(i+j+P)e^{-j\varphi}\} \right\} \\ 5 &= \sum_{j=0}^{N-1} |r(i+j)|^2 + |r(i+j+P)|^2 - 2 \left| \sum_{j=0}^{N-1} r(i+j)r^*(i+j+P) \right| \\ &= E(i, N, P) - 2|w(i, N, P)|\end{aligned}$$

bestimmt werden.

10 Das Kriterium für den Blockbeginn ist gegeben durch den Index i , bei dem die Metrik ihre minimale Phase aufweist:
 $i_{\text{start}} = \arg \min_i \lambda(i, N, P)$

15 Die Blocksynchronisation im OFDM-System soll anhand der periodischen Präambel auf den interferenzfreien Bereich der folgenden Datenblöcke schließen. Dazu wird das Korrelationsfenster gegenüber der Sequenzlänge um die Länge des Schutzintervalls verkürzt.

20 Dieses zuvor beschriebene Verfahren wird eigentlich zur groben Blocksynchronisation verwendet. Daher liefert es prinzipbedingt nur recht ungenau Ergebnisse sowohl hinsichtlich einer feinen Block- als auch Frequenzschätzung.

Der Sender S gemäß Figur 1 fügt eine spezielle Synchronisationsfolge insbesondere zu Beginn der Aussendung in den Datenstrom ein, die im Empfänger dazu dient, die zeitliche Lage des zu empfangenden Signals und/oder die Frequenzablage zwischen Sender und Empfänger zu schätzen.
30 Die Synchronisationsfolge wird erfindungsgemäß folgendermaßen gebildet:

- es werden zwei verschiedene Symbolsequenzen A und B gleicher Länge L_1 mit idealerweise günstigen

Autokorrelations-Eigenschaften ausgewählt. Im Falle von OFDM können dies OFDM-Symbole sein, die die gleiche oder verschiedene Länge wie ein normales Datensymbol haben,

- 5 - die beiden Symbolsequenzen A und B werden immer so ausgesendet, das abwechselnd zweimal A und zweimal B ausgesendet wird, gemäß Figur 3. Die Indizes bei den Symbolsequenzen A und B bezeichnen dabei das Auftreten der Folgen A und B.

10 Die zeitliche Lage des zu empfangenden Signals zwischen Sender S und Empfänger E wird aus einem Verbundterm, insbesondere der Gesamtmetrik, der verschiedenen 15 Symbolsequenzen, hier der Symbolsequenzpaare innerhalb eines vorgegebenen Intervalls, ermittelt.

Dann ergibt sich im Empfänger die Gesamtmetrik λ_s aus der Summe der Einzelmetriken λ über alle gleichartigen Sequenzpaare (A_l, A_m) bzw. (B_l, B_m) mit $l \leq l$, $m \leq M$ und $m > l$ zu:

$$\lambda_s(i) = \sum_{(A_l, A_m) \in M_A} \lambda(i + S(A_l, A_m), L_l, \Delta(A_l, A_m)) + \sum_{(B_l, B_m) \in M_B} \lambda(i + S(B_l, B_m), L_l, \Delta(B_l, B_m))$$

In dieser Gleichung bezeichnet $S(X, Y)$ den relativen Startindex für das Signalintervall X und $\Delta(X, Y)$ den Abstand der beiden Signalpaare X, Y.

30 Es wird derjenige Index i_{start} als Blockbeginn ausgewählt, der die Metrik λ_s innerhalb eines von der Rahmensynchronisation vorgegebenen Intervalls I_{RS} minimiert:

$$i_{start} = \arg \min_{i \in I_{RS}} \lambda_s(i)$$

Bei der Frequenzschätzung ergibt sich das Problem, daß die Phasendrehung zwischen zwei gleichartigen Symbolen (A_1, A_m) bzw. (B_1, B_m) 360° überschreiten kann, so daß die resultierende Vieldeutigkeit zunächst aufgelöst werden muß.

Als Referenzfrequenz f_{ref} hierfür kann die geschätzte Frequenzlage \hat{f}_o aus der Phasendrehung $\hat{\phi}_{o1}$ jeweils zwei benachbarter periodischer Abschnitte herangezogen werden, da hier der Fangbereich mit $|f_o| < f_a / (\pi L_1)$ am größten ist,

wobei

$$f_{ref} = \hat{f}_{o1} = \frac{f_a \cdot \hat{\phi}_{o1}}{2\pi L_1}$$

mit

$$\hat{\phi}_{o1} = \arg \left\{ \sum_{l=1,3,5,\dots}^{M-1} w(i_{start} + S(A_l, A_{l+1}), L_1, L_1) + w(i_{start} + S(B_l, B_{l+1}), L_1, L_1) \right\}.$$

Um eine möglichst sichere Frequenzschätzung zu erzielen, sollten auch hier die Phasendrehungen auf allen anderen Intervall-Paaren (A_1, A_m) bzw. (B_1, B_m) berücksichtigt werden. Seien $M_{A\delta} \subset M_A$ und $M_{B\delta} \subset M_B$ die Menge aller Paare (A_1, A_m) bzw. (B_1, B_m) mit gleichem Abstand $\Delta(A_1, A_m)$ bzw. $\Delta(B_1, B_m)$ und sei δ_{max} die Anzahl unterschiedlicher Mengen $M_{A/B\delta}$, dann ergibt sich insgesamt für den Schätzwert der Frequenzablage \hat{f}_o :

$$\hat{f}_o = \sum_{\delta=1}^{\delta_{max}} c_\delta \cdot \hat{f}_{o\delta} = \sum_{\delta=1}^{\delta_{max}} c_\delta \frac{f_a \hat{\phi}_{o\delta} \cdot e^{-j\nu(\hat{\phi}_{o1}, \hat{\phi}_{o\delta})}}{2\pi\delta (A_l, A_m \in M_{A,\delta})}$$

wobei

$$\hat{\phi}_{o\delta} = \arg \left\{ \sum_{(A_l, A_l) \in M_{A,\delta}} w(i_{start} + S(A_l, A_m), L_1, \Delta(A_l, A_m)) + \sum_{(B_l, B_l) \in M_{B,\delta}} w(i_{start} + S(B_l, B_m), L_1, \Delta(B_l, B_m)) \right\}$$

Die Koeffizienten c_δ sind Wichtungsfaktoren, mit denen die unterschiedlichen Rauschleistungen, die den

Phasenschätzwerten überlagert sind, berücksichtigt werden.
Sie ergeben sich einerseits aus der Anzahl Sequenzpaare, die
berücksichtigt werden, andererseits aus dem Abstand (X,Y)
der Frequenzpaare. Die Funktion $v(\hat{\phi}_{\alpha}, \hat{\phi}_{\alpha\delta})$ löst die
5 Vieldeutigkeit der Phase $\hat{\phi}_{\alpha\delta}, \delta > 1$ anhand des zuvor
ermittelten Phasenschätzwertes $\hat{\phi}_{\alpha}$ auf.

Die angegebenen Symbole können erfindungsgemäß auch zur
Kanalschätzung herangezogen werden, wenn sie im Sender und
10 Empfänger bekannt sind. Zu diesem Zweck werden die
Synchronisationssymbole nach erfolgter Frequenzkorrektur im
Empfänger FFT-prozessiert und die Amplituden- und
Phasengewichte der einzelnen Unterträger bestimmt. Wenn die
15 Synchronsignale (A bzw. B) kürzer sind als ein normales
OFDM-Symbol, müssen die Phasen- und Amplitudengewichte der
nicht übertragenen Unterträger durch Interpolation ermittelt
werden. Die Tatsache, daß mehrere bekannte Synchronsymbole
verwendet werden, kann dazu ausgenutzt werden, eine
20 Mittellung der Kanalparameter über die bekannten Symbole
durchzuführen, um damit die Genauigkeit der Kanalschätzung
zu erhöhen.

Es soll nun angenommen werden, daß der Sender jeder
Synchronisationsfolge eine Präambel nach Figur 4
voranstellt. Der erfindungsgemäßen Synchronisationsfolge
wird eine Präambel vorangestellt, die dazu dient, die Gain
control des Empfängers richtig einzustellen, um die Analog-
Digital-Umsetzer im Empfänger voll auszusteuern. Das sich
anschließende Synchronisationssymbol besteht aus der Sequenz
30 ABBAA.

Die Metrik für die Blocksynchronisation wird in diesem Fall
folgendermaßen berechnet:

$$\lambda_s(i) = \lambda(i, L_1, L_1) + \lambda(i, L_1, 4L_1) + \lambda(i, L_1, 5L_1) + \lambda(i + L_1, L_1, 3L_1) \\ + \lambda(i + L_1, L_1, 4L_1) + \lambda(i + 4L_1, L_1, L_1) + \lambda(i + 2L_1, L_1, L_1)$$

Die Einzelmetriken entsprechen den Paaren (A_1, A_2) , (A_1, A_3) ,
 (A_1, A_4) , (A_2, A_3) , (A_2, A_4) , (A_3, A_4) , (B_1, B_2) . Der Startwert für
5 den Block ist:

$$i_{start} = \arg \min_i \lambda_s(i)$$

10 Für die Frequenzsynchronisation wird die Frequenzablage f_o folgendermaßen berechnet:

$$\hat{\phi}_{o1} = \arg \{w(i_{start}, L_1, L_1) + w(i_{start} + 2L_1, L_1, L_1) + w(i_{start} + 4L_1, L_1, L_1)\}, \\ \hat{\phi}_{o2} = \arg \{w(i_{start}, L_1, 4L_1) + w(i_{start} + L_1, L_1, 4L_1)\}.$$

15

$$\hat{f}_o = \frac{f_a}{2\pi} \left(c_1 \frac{\hat{\phi}_{o1}}{L_1} + c_2 \frac{\hat{\phi}_{o2} e^{-j\nu(\hat{\phi}_{o1}, \hat{\phi}_{o2})}}{4L_1} \right)$$

Eine mögliche Realisierung des Senders ist in Figur 5
20 gezeigt. Ein OFDM-Sender, das heißt dessen Codier- bzw.
Modulationseinrichtung CM, wird mit einer Bitfolge gespeist.
Es folgt die übliche Prozessierung mit IFFT (Inverse Fast
Fourier Transformation), parallel-seriell Wandlung P/S sowie
das Einfügen des Schutzintervalls SI durch periodische
Fortsetzung (vergleiche [1]). Anschließend wird zu Beginn
einer jeden Aussendung die Synchronisationsfolge aus einem
Speicher SP ausgelesen und zusammen mit der Präambel nach
Figur 4 mittels der Einblendeinrichtung EB eingefügt. Das
Signal wird digital-analog (D/A) umgesetzt und dem
Sendefrontend SF übergeben, wo es gegebenenfalls in eine
andere Frequenzlage hochgemischt und über eine Antenne
ausgesendet wird. Das Einfügen der Synchronisationsfolge
geschieht in der Realisierung in Figur 5 nach der IFFT, so
daß im Speicher SP das Zeitsignal der Synchronisationsfolge
vorliegen muß. Unter bestimmten Bedingungen ist es aber
35

genauso gut möglich, die Synchronisation folge vor der IFFT einzufügen und durch die IFFT prozessieren zu lassen.

Eine mögliche Realisierung des Empfängers ist in Figur 6
5 gezeigt. Im Empfänger gelangt das ins Basisband gemischte und analog-digital umgesetzte Signal in einen Abtastspeicher AS. Auf diesen Abtastspeicher AS kann die Synchronisationsvorrichtung SY zugreifen, um die Blocksynchronisation, Frequenzsynchronisation und Kanalschätzung durchzuführen. Nach erfolgreicher 10 Blocksynchronisation wird eine Fensterungseinheit BS angesprochen, die die richtigen Werte aus dem Abastpufferspeicher liest. Anschließend wird eine Frequenzkorrektur in der Mischeinrichtung FS mit der ermittelten Frequenzablage durchgeführt. Nach der seriell-parallel Umsetzung S/P und der FFT-Prozessierung werden die 15 von der Kanalschätzung ermittelten Kanalparameter zur Demodulation und Dekodierung DM verwendet.

Nachfolgend werden Alternativen zur Realisierung des 20 erfindungsgemäßen Verfahrens vorgestellt:

- Beim Berechnungsverfahren für die Gesamtmetrik ist es auch möglich, nicht alle möglichen Paare zu berücksichtigen. Im Ausführungsbeispiel würde sich die Berechnungsvorschrift für die Blocksynchronisation beispielsweise folgendermaßen ändern:

$$\lambda_s(i) = \lambda(i, L_1, L_1) + \lambda(i, L_1, 4L_1) + \lambda(i + L_1, L_1, 4L_1) + \lambda(i + 4L_1, L_1, L_1) + \lambda(i + 2L_1, L_1, L_1)$$

30 Die Einzelmetriken würden in diesem Fall den Paaren (A_1, A_2) , (A_1, A_3) , (A_2, A_4) , (A_3, A_4) , (B_1, B_2) entsprechen.

Gleichermaßen ist es möglich, beim Berechnungsverfahren für die Frequenzablage nur einen Teil der möglichen

Winkelablagen bei der Berechnung der Gleichung für $\phi_{0\delta}$ zu verwenden.

- 5 - Es ist unter Umständen günstig, Schutzintervalle vor den einzelnen Frequenzpaaren einzufügen. Wenn S ein Schutzintervall beliebiger Länge ist (im allgemeinen die periodische Fortsetzung eines Symbols), ergibt sich damit beispielhaft die Folge SAASBBSAA. Die oben beschriebenen Berechnungsvorschriften gelten sinngemäß, wobei die Schutzintervalle nicht ausgewertet werden.
- 10 - Gemäß dem zuvor beschriebenen Verfahren werden die Signalfolgen A und B jeweils paarweise mehrere Male nacheinander versendet. Die Verfahren für Block- und Frequenzsynchronisation lassen sich analog auch verwenden, wenn die Signalfolgen einzeln hintereinander folgen, zum Beispiel die Folge ABAB. Ebenso ist es möglich, die Folgen A und B nicht paarweise, sondern jeweils mehr als zweimal einzufügen. Eine beispielhafte 15 Folge für je dreifaches Auftreten wäre AAABBBAAA. Die oben angegebenen Berechnungsvorschriften gelten sinngemäß.
- 20

Darüberhinaus ist es möglich, mehr als zwei verschiedene Signalfolgen zu verwenden, beispielsweise 3 verschiedene Signalfolgen A, B und C. Die Regel in diesem Fall wäre, daß mindestens eine Signalfolge als Paar mit einem Abstand von mehr als einem weiteren Paar anderer Signalfolgen zum Synchronsymbol zusammengesetzt werden.

30 Es ist auch möglich, die verschiedenen Signalfolgen nicht direkt hintereinander, sondern mit einem gewissen Abstand voneinander auszusenden.

35 Das vorgestellte Verfahren geht davon aus, daß die verschiedenen Signalfolgen jeweils die gleiche Länge haben.

Es ist auch möglich, verschiedene Signalfolgen A und B zu verwenden, die verschiedene Länge haben. Die Berechnungsvorschriften gelten sinngemäß und müssen im Detail für diesen Zweck angepaßt werden.

5

Literatur:

- 10 [1] W. Zou, Y.Wu, „COFDM: an Overview“, IEEE Transactions on Broadcasting, Vol 41, No. 1, März 1995
- [2] Chevillat, P.R., Mainwald, D., Ungerboeck, G. (1987) Rapid Training of a Voiceband Data-Modem Receiver Employing an Equalizer with Fractional-T Spaced Coefficients, IEEE Trans.on Communications 35(9), 869-876
- 15 [3] Müller-Weinfurtner, S.H. (1998) On the Optimality of Metrics for Coarse Frame Synchronization in OFDM a Comparison, 9th IEEE PIMRC`98
- [4] Müller-Weinfurtner, S.H., Rößler, J.F., Huber, J.B. (1998) Analysis of a Frame- and Frequency Synchronizer for Bursty OFDM, Proceedings of the 7th CTMC at IEEE Globecom `98, pp.201-206
- 20

30.03.99 Sk/Mv

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Ansprüche

1. Verfahren zur Synchronisation eines oder mehrerer Empfänger auf einen Sender innerhalb eines Übertragungssystems unter Verwendung eines Datenstromes mit Schutzintervallen insbesondere für den Ausgleich von Mehrwegeausbreitung mit folgenden Maßnahmen:
 - Der Sender (S) fügt eine spezielle Synchronisationsfolge in den Datenstrom insbesondere zu Beginn der Aussendung ein, die dazu geeignet ist, die zeitliche Lage des zu empfangenden Signals und/oder die Frequenzablage zwischen Sender (S) und Empfänger (E) zu schätzen,
 - die Synchronisationsfolge wird aus mindestens zwei verschiedenen Symbolsequenzen (A, B) gebildet, die abwechselnd periodisch ausgesendet werden,
 - die zeitliche Lage des zu empfangenden Signals und/oder die Frequenzablage zwischen Sender (S) und Empfänger (E) wird aus einem Verbundterm der verschiedenen Symbolsequenzen (A, B) innerhalb eines vorgegebenen Intervalls ermittelt.

35

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem OFDM-Übertragungssystem die Symbolsequenzen (A, B) aus OFDM-Symbolen bestehen, die gleiche oder verschiedene Längen wie ein übliches Datensymbol haben.

5

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, das die Symbolsequenzen (A, B) mindestens paarweise jeweils abwechselnd gesendet werden.

10

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei mehr als zwei verschiedenen Symbolsequenzen mindestens eine Symbolsequenz als Paar mit einem Abstand von mindestens einem weiteren Paar einer anderen Symbolsequenz zur Synchronisationsfolge zusammengesetzt wird.

15

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß Schutzintervalle vor den einzelnen Symbolsequenzpaaren (AA, BB, AA,...) vorgesehen sind.

20

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zu einer Blocksynchronisation die Gesamtmetrik der als Synchronisationsfolge verwendeten Symbolsequenzen herangezogen wird und als Blockbeginn derjenige Index ausgewählt wird, der die Gesamtmetrik innerhalb des vorgegebenen Intervalls minimiert.

30

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das vorgegebene Intervall vom Rahmenaufbau des Datenstromes bestimmt wird.

35

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß zur Schätzung der Frequenzablage die Phasendrehung von jeweils zwei benachbarten gleichartigen Signalabschnitten ermittelt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Phasendrehungen anderer gleichartiger Signalabschnitte ebenfalls ermittelt werden und die gesamte Frequenzablage durch Mittelung über die so gewonnenen Phasendrehungen geschätzt wird.

10 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000 1005 1010 1015 1020 1025 1030 1035 1040 1045 1050 1055 1060 1065 1070 1075 1080 1085 1090 1095 1100 1105 1110 1115 1120 1125 1130 1135 1140 1145 1150 1155 1160 1165 1170 1175 1180 1185 1190 1195 1200 1205 1210 1215 1220 1225 1230 1235 1240 1245 1250 1255 1260 1265 1270 1275 1280 1285 1290 1295 1300 1305 1310 1315 1320 1325 1330 1335 1340 1345 1350 1355 1360 1365 1370 1375 1380 1385 1390 1395 1400 1405 1410 1415 1420 1425 1430 1435 1440 1445 1450 1455 1460 1465 1470 1475 1480 1485 1490 1495 1500 1505 1510 1515 1520 1525 1530 1535 1540 1545 1550 1555 1560 1565 1570 1575 1580 1585 1590 1595 1600 1605 1610 1615 1620 1625 1630 1635 1640 1645 1650 1655 1660 1665 1670 1675 1680 1685 1690 1695 1700 1705 1710 1715 1720 1725 1730 1735 1740 1745 1750 1755 1760 1765 1770 1775 1780 1785 1790 1795 1800 1805 1810 1815 1820 1825 1830 1835 1840 1845 1850 1855 1860 1865 1870 1875 1880 1885 1890 1895 1900 1905 1910 1915 1920 1925 1930 1935 1940 1945 1950 1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015 2020 2025 2030 2035 2040 2045 2050 2055 2060 2065 2070 2075 2080 2085 2090 2095 2100 2105 2110 2115 2120 2125 2130 2135 2140 2145 2150 2155 2160 2165 2170 2175 2180 2185 2190 2195 2200 2205 2210 2215 2220 2225 2230 2235 2240 2245 2250 2255 2260 2265 2270 2275 2280 2285 2290 2295 2300 2305 2310 2315 2320 2325 2330 2335 2340 2345 2350 2355 2360 2365 2370 2375 2380 2385 2390 2395 2400 2405 2410 2415 2420 2425 2430 2435 2440 2445 2450 2455 2460 2465 2470 2475 2480 2485 2490 2495 2500 2505 2510 2515 2520 2525 2530 2535 2540 2545 2550 2555 2560 2565 2570 2575 2580 2585 2590 2595 2600 2605 2610 2615 2620 2625 2630 2635 2640 2645 2650 2655 2660 2665 2670 2675 2680 2685 2690 2695 2700 2705 2710 2715 2720 2725 2730 2735 2740 2745 2750 2755 2760 2765 2770 2775 2780 2785 2790 2795 2800 2805 2810 2815 2820 2825 2830 2835 2840 2845 2850 2855 2860 2865 2870 2875 2880 2885 2890 2895 2900 2905 2910 2915 2920 2925 2930 2935 2940 2945 2950 2955 2960 2965 2970 2975 2980 2985 2990 2995 3000 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000 1001 1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008 1009 1000 1001 1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008 1009 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019 1020 1021 1022 1023 1024 1025 1026 1027 1028 1029 1020 1021 1022 1023 1024 1025 1026 1027 1028 1029 1030 1031 1032 1033 1034 1035 1036 1037 1038 1039 1030 1031 1032 1033 1034 1035 1036 1037 1038 1039 1040 1041 1042 1043 1044 1045 1046 1047 1048 1049 1040 1041 1042 1043 1044 1045 1046 1047 1048 1049 1050 1051 1052 1053 1054 1055 1056 1057 1058 1059 1050 1051 1052 1053 1054 1055 1056 1057 1058 1059 1060 1061 1062 1063 1064 1065 1066 1067 1068 1069 1060 1061 1062 1063 1064 1065 1066 1067 1068 1069 1070 1071 1072 1073 1074 1075 1076 1077 1078 1079 1070 1071 1072 1073 1074 1075 1076 1077 1078 1079 1080 1081 1082 1083 1084 1085 1086 1087 1088 1089 1080 1081 1082 1083

verschiedenen Symbolsequenzen (A, B), gebildet wird,
wobei die Einblendeinrichtung (EB) so ausgebildet ist,
daß eine abwechselnd periodische Einfügung der
Synchronisationsfolge in den von der Codier- bzw.
5 Modulationseinrichtung (CM) aufbereiteten Datenstrom
ausführbar ist,

- 10
- einer mit der Einblendeinrichtung (EB) in Wirkverbindung
stehenden Speichereinrichtung (SP) für die verschiedenen
Symbolsequenzen bzw. deren Verknüpfung.

14. Empfänger (E) zum Empfang und zur Auswertung einer
Synchronisationsfolge, die von einem Sender (S)
innerhalb eines Übertragungssystems aussendbar ist unter
15 Verwendung eines Datenstromes mit Schutzintervallen
insbesondere für den Ausgleich von Mehrwegeausbreitung
mit folgenden Merkmalen:

- 20
- einem Abtastspeicher (AS) für einen empfangenen
Datenstrom,
 - einer Synchronisationsauswerte-Einrichtung (SY) die mit
dem Abtastspeicher (AS) in Wirkverbindung steht, und die
geeignet ist, eine Synchronisationsfolge bestehend aus
mindestens zwei verschiedenen Symbolsequenzen (A, B), die
abwechselnd periodisch aussendbar sind, bezüglich der
zeitlichen Lage und/oder Frequenzablage innerhalb eines
vorgegebenen Intervalls auszuwerten und entsprechende
Empfangseinheiten zur Blocksynchroisation (BS),
30 Frequenzsynchroisation (FS) und/oder Kanalschätzung (KS)
zu steuern.

35 15. Kommunikationssystem unter Verwendung des Verfahrens nach
einem der Ansprüche 1 bis 12, oder einer Anordnung nach
Anspruch 13 oder 14, welches als

Funkkommunikationssystem, leitergebundenes
Kommunikationssystem oder als
Hybridkommunikationssystem, daß heißt als
Kommunikationssystem mit Funkkomponenten,
5 Lichtwellenleiterkomponenten und/oder leitergebundenen
Komponenten, ausgebildet ist und bei welchen Teilnehmern
jeweils ein Sender und ein Empfänger zugeordnet ist mit
variablen Sende- und Empfangsbetrieb.

10 16. Rundsendekommunikationssystem unter Verwendung des
Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12 oder einer
Anordnung nach Anspruch 13 oder 14, welches als
Funkkommunikationssystem, leitergebundenes
Kommunikationssystem oder als
15 Hybridkommunikationssystem, das heißt als
Kommunikationssystem mit Funkkomponenten,
Lichtwellenleiterkomponenten und/oder leitergebundenen
Komponenten ausgebildet ist, und bei welchem die
Zuordnung von Sende- und Empfangsbetrieb fest vorgegeben
20 ist.

30.03.99 Sk/Mv

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren zur Synchronisation

15

Zur Synchronisation eines oder mehrerer Empfänger (E) auf
einen Sender (S) innerhalb eines Übertragungssystem fügt der
Sender (S) eine spezielle Synchronisationsfolge in den
Datenstrom ein. Die Synchronisationsfolge wird aus
mindestens zwei verschiedenen Symbolsequenzen (A, B)
gebildet, die abwechselnd periodisch ausgesendet werden.

20

Figur 3

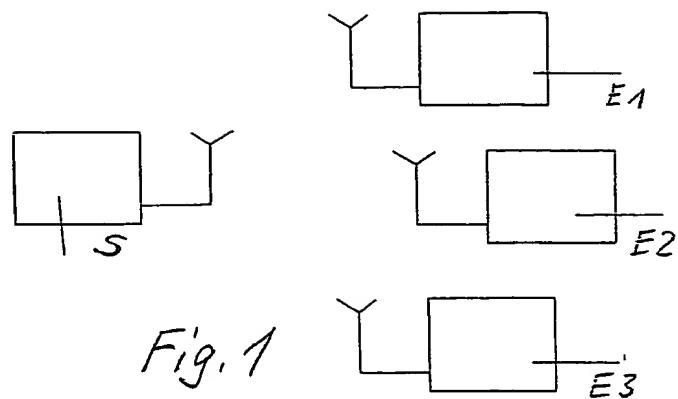


Fig. 1

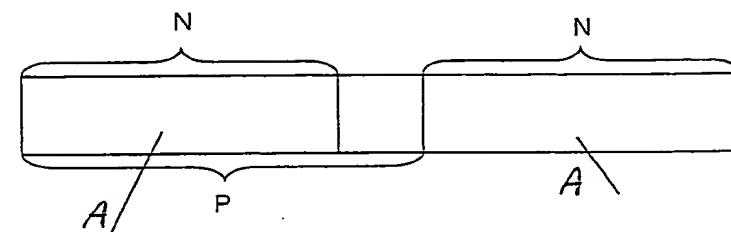


Fig. 2

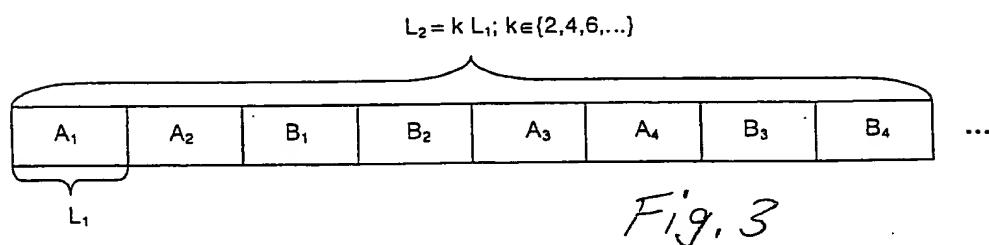


Fig. 3

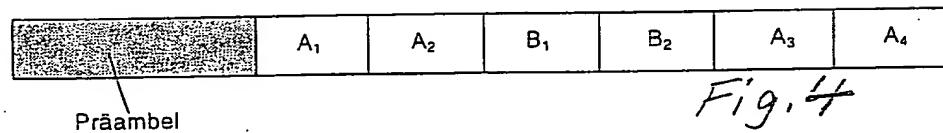


Fig. 4

